

## Kognitive Belastung und Aufgaben im Kontext

- Ein Spannungsfeld -

Dennis Jaeger\*, Rainer Müller\*

\*Technische Universität Braunschweig, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, Abteilung Physik und Physikdidaktik

dennis\_jaeger1@gmx.de, rainer.mueller@tu-bs.de

### Kurzfassung

Aufgaben im Kontext sollen das Interesse der Lernenden erhöhen und sie befähigen ihr erworbenes Wissen auf neue Problemsituationen zu übertragen. Während Kontexte im allgemeinen als motivationssteigernd gelten, ist die Studienlage hinsichtlich ihres Einflusses auf die Leistung und Lernleistung sehr heterogen.

Ein Grund für diese uneindeutige Studienlage scheint die Multidimensionalität des Konstrukts Kontext darzustellen. Unter Berücksichtigung der Theorie der kognitiven Belastung scheint es plausibel, dass sich verschiedene Merkmale eines Kontextes unterschiedlich auf die Leistung auswirken. Dieser Ansatz des Spannungsfeldes [5] wird im Rahmen einer Studie mit 918 Schülerinnen und Schülern untersucht.

### 1. Einleitung

In vielen Ländern sind kontextorientierte Ansätze zum Lernen von Physik in den Lehrplänen verankert [22]. Damit einher gehen problemorientierte Aufgaben, die eine Anwendung des Fachwissens erlauben. In diesem Zusammenhang werden Aufgaben<sup>1</sup> im Kontext im Unterricht eingesetzt. Trotz diverser Studien zum Thema Kontexte [2, 5, 22, 31, 42, 43] ist im Wesentlichen ungeklärt, wie sich diese auf die Leistung und Lernleistung auswirken. Dies ist unzufriedenstellend, da ein besseres Verständnis des Lösungsprozesses und der Kontextmerkmale dazu beitragen kann, Aufgaben so zu gestalten, dass Lernen maximiert wird. Ziel dieser Untersuchung ist es daher, theoriebasiert Kontextmerkmale auszuwählen, diese systematisch zu variieren und ihren Einfluss auf den Lösungsprozess zu untersuchen. Dazu wird die kognitive Belastung sowie die aktuelle Motivation im Lösungsprozess berücksichtigt und Einflüsse auf die Leistung modelliert.

---

<sup>1</sup> In Abhängigkeit davon, ob die Bearbeitung eines Arbeitsauftrages einen konstruktiven Denkprozess erfordert, wird von einem Problem oder einer Aufgabe gesprochen [1, 8, 15]. Damit ist diese Abgrenzung personenabhängig. Insbesondere kann die Formulierung einer Aufgabe im Kontext diese zu einem Problem werden lassen. Da diese Abgrenzung hier nicht im Fokus der Betrachtungen steht, werden die Begriffe in diesem Beitrag synonym verwendet.

#### 1.1. Theorie der kognitiven Belastung (Cognitive Load Theory)

Die Theorie der kognitiven Belastung beschreibt den Informationsverarbeitungsprozess beim Lernen und Problemlösen [10, 11, 14]. Zu verarbeitende Informationen werden dabei über die Sinnesorgane zusammen mit assoziierten Informationen aus dem Langzeitgedächtnis in ein sehr limitiertes Arbeitsgedächtnis geladen und dort bewusst analysiert [10, 12]. Zu analysierende Informationen lassen sich danach unterscheiden, ob sie eine intrinsische oder eine extrinsische Belastung hervorrufen. Überschreitet die Summe aus beiden einen individuellen Grenzwert, kann es zu einer Überlastungssituation kommen, in der Lernen und eine erfolgreiche Lösung der Aufgabe sehr unwahrscheinlich werden vgl. [3, 9, 14]. Auch eine Unterforderungssituation ist zu vermeiden [9]. Während intendierte Anforderungen, wie die Komplexität einer Aufgabe eine intrinsische Belastung hervorruft, kann eine ungünstige Gestaltung des Aufgabenmaterials zu einer extrinsischen Belastung führen [14]. Ob eine Anforderung als intrinsisch oder extrinsisch gilt, hängt also vom Material, den Lernenden und den Lernzielen ab. Insbesondere, wenn Aufgaben im Kontext verwendet werden, sieht sich der Lösende mit einer Fülle an Informationen konfrontiert, die verarbeitet und nach Relevanz sortiert werden müssen. Insofern ist es naheliegend, die Theorie der kognitiven Belastung bei der Untersuchung von Kontexten zu berücksichtigen.

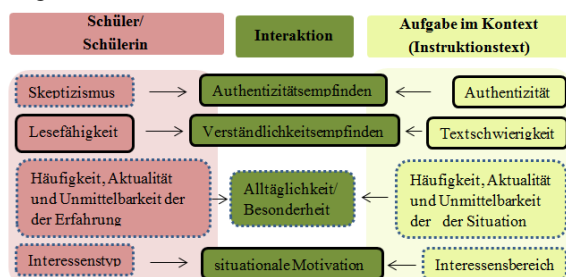
## 1.2. Kontexte und Kontextorientierung

Die heute in Lehrplänen verankerte Kontextorientierung fußt im Wesentlichen auf zwei Argumenten. Zum Einen wird sie mit der dadurch optimierbaren motivationalen Einstellung zum Fach begründet [23, 24]. Diese Begründungen basieren u. a. auf den Ergebnissen der Interessensforschung und werden von weiteren Studien gestützt, die das „Fehlen von Anwendungen [und] de[n] Abstand des Unterrichts zur Lebenswelt [beklagen] [...]“ [vgl. 23, 24, 25, 26, 27 nach 28]. Das zweite Argument basiert auf den immer wieder angeführten Ergebnissen von Schulvergleichsstudien wie TIMSS und PISA. Demnach haben Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten, ihr im Physikunterricht erworbenes Wissen und Fähigkeiten auf Alltagskontexte anzuwenden, was häufig mit der „synthetischen Wirklichkeit“ des Physikunterrichts in Verbindung gebracht wird [30].

Obwohl die Verwendung von Kontexten somit auf einem soliden Fundament steht, ist unklar, was genau als Kontext aufgefasst wird, da das Konstrukt sehr breit gefasst ist.

Während beispielsweise Aufgaben, in denen erfundene Geschichten thematisiert werden, die so stattfinden könnten, jedoch nicht tatsächlich stattgefunden haben, in [20] als Kontext bezeichnet werden, stellt in [31] die „Nichtkonstruiertheit“ eine notwendige Bedingung an eine kontextorientierte Aufgabe dar.

Um dieser Problematik zu begegnen, wurde in [19] ein Modell zur Operationalisierung der Kontextmerkmale erstellt (vgl. Abb.1). Zur besseren Vergleichbarkeit von Studien sollte stets angegeben sein, auf welche Merkmale von Kontext sich bezogen wird. So scheint es plausibel, dass verschiedene Merkmale sich unterschiedlich auf die (Lern-)Leistung auswirken [5,6] und in der Folge sich der Forschungsstand in diesem Bereich so heterogen zeigt [22].



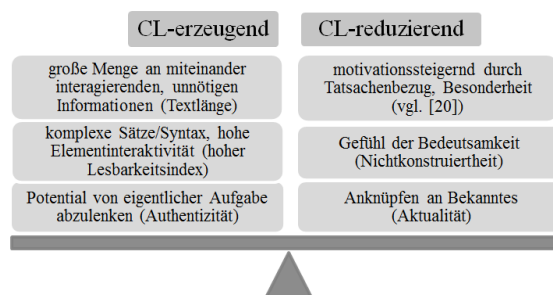
**Abb.1:** Modifizierung des Modells aus [19] für textbasierte Kontexte.

Zu den aktuelleren Untersuchungen, die einen mittleren bis großen Effekt von Kontext auf die Lernleistung aufdecken konnten, zählt die Arbeit von Kuhn [5]. In dieser Arbeit werden die Kontextmerkmale Authentizität und Ankermasse untersucht. Während die *Authentizität* die „Echtheit, Zuverlässigkeit, Glaubwürdigkeit“ [32] beschreibt, stellt die Ankermasse nach Kuhn [5] ein Maß für den Informationsgehalt und Schwierigkeit des Textes dar.

Dieses Vorgehen begründet er damit, dass Authentizität und Komplexität der Information häufig einhergehen.

## 1.3. Spannungsfeld

Während von der Authentizität eines Kontextes eine Motivationssteigerung erwartet und in der Folge nach [33] im Wesentlichen eine Reduktion der kognitiven Belastung erfolgen kann, wird von den zusätzlich zu verarbeitenden, interagierenden Informationen und den tendenziell komplexeren Sätzen eine Erhöhung der kognitiven Gesamtbelastung erwartet (vgl. Abb. 2).



**Abb. 2:** Vermutetes Spannungsfeld der Kontextmerkmale Authentizität und Textschwierigkeit. Dieses besteht aus der Annahme, dass diese Variablen unterschiedlich auf die kognitive Belastung (CL) und aktuelle Motivation und darüber gegensätzlich auf die Leistung wirken.

Da mit der Authentizität häufig eine erhöhte Textschwierigkeit<sup>2</sup> infolge der den Kontext authentisch erscheinenden zusätzlichen Informationen einhergeht, wird hier auch der Ansatz von Kuhn [5] gewählt, die Konstrukte Textschwierigkeit und Authentizität zu untersuchen und diese weitestgehend voneinander zu separieren.

Dieser Vorgehensweise liegt auch die Vermutung zu Grunde, dass die Authentizität eines Kontextes sich positiv ( $c_A$  in Abb. 3) und die Textschwierigkeit sich negativ ( $c_T$  in Abb. 3) auf die Leistung auswirken, welche von ersten Ergebnissen gestützt wird [5]. Widersprüchliche Ergebnisse könnten dann daher rühren, dass diese Kontextvariablen mal mehr und mal weniger stark ausgeprägt waren, sodass mal der eine und mal der andere Effekt überwog.

Dies soll genügen, um das Spannungsfeld in einem ersten Schritt zu motivieren. Im Folgenden wird die Fragestellung sowie die zugehörigen Hypothesen vorgestellt und begründet.

## 2. Fragestellung

Wir untersuchen den Einfluss der Kontextvariablen Authentizität und Textschwierigkeit auf die kognitive Belastung, aktuelle Motivation und Leistung, indem das theoriegeleitete Modell des Spannungsfeldes in Abb. 3 überprüft wird. Dabei werden zentrale personenbezogene Variablen kontrolliert. Es werden folgende Hypothesen überprüft:

<sup>2</sup> Eine genauere Operationalisierung der Konstrukte im Rahmen dieser Studie erfolgt in Abschnitt 3.2.

**H1) Authentizität und Leistung** Lernende mit dem authentischen Instruktionstext erreichen eine höhere Leistung als Lernende, die mit einem traditionellen Text arbeiten. ( $c_A$  in Abb. 3)

In [5] war die Lernleistung nach der Arbeit mit authentischen Materialien nach nur drei Unterrichtsstunden höher als bei der Verwendung von traditionellem Material. Im Unterschied zu [5] wird hier allerdings die Leistung beim Lösen betrachtet.

**H2) Authentizität und aktuelle Motivation** Lernende mit dem authentischen Instruktionstext empfinden eine höhere aktuelle Motivation, als Lernende mit dem traditionellen Text (vgl. [5]).

( $a_{A,AM}$  in Abb. 3)

**H3) Aktuelle Motivation und kognitive Belastung** Lernende mit einer höheren aktuellen Motivation empfinden eine geringere kognitive Belastung ( $d$  in Abb. 3).

**H4) Authentizität und kognitive Belastung** Die kognitive Belastung von Lernenden, die mit dem authentischen Instruktionsmaterial arbeiten, ist kleiner als bei den Lernenden, die mit dem traditionellen Material konfrontiert werden ( $a_{A,CL}$  in Abb. 3).

Diese beiden Hypothesen basieren auf [29] und [33]. Auch in [34] wird gefordert, neben dem kognitiven Ansatz die aktuelle Motivation zu berücksichtigen.

**H5) Textschwierigkeit und Leistung** Lernende mit einem Instruktionstext höherer Textschwierigkeit erreichen eine geringere Leistung als Lernende, die mit einem Text geringerer Schwierigkeit arbeiten. ( $c_T$  in Abb. 3)

**H6) Textschwierigkeit und kognitive Belastung** Lernende mit einem Instruktionstext höherer Schwierigkeit empfinden eine höhere kognitive Belastung, als Lernende mit einem leichteren Instruktionstext. ( $a_{T,CL}$  in Abb. 3)

Viele miteinander interagierende Informationen können die extrinsische Belastung erhöhen und damit infolge der Additivität verschiedener Belastungsarten und der konstanten intrinsischen Belastung die Gesamtbelastung steigern [9].

**H7) Textschwierigkeit und aktuelle Motivation** Ein Instruktionstext höherer Textschwierigkeit geht mit einer geringeren aktuellen Motivation einher als ein Text niedrigerer Textschwierigkeit. ( $a_{T,AM}$  in Abb. 3).

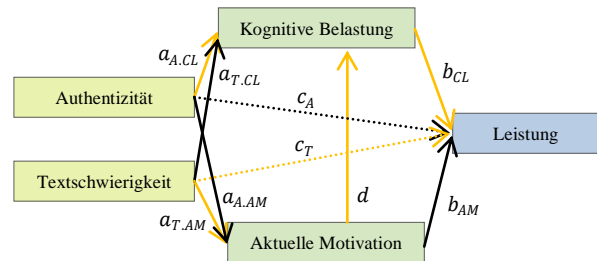
Bei längeren und komplizierteren Texten wird davon ausgegangen, dass sie sich negativ auf die Bereitschaft, sich mit der Aufgabe zu beschäftigen, auswirken [35].

**H8) Kognitive Belastung und Leistung** Eine höhere kognitive Belastung geht mit einer niedrigeren Leistung einher.

Eine kognitive Gesamtbelastung, die die limitierten Ressourcen des Arbeitsgedächtnis überschreitet, wirkt sich negativ auf die Fähigkeit aus, die notwendigen Informationen zu verarbeiten [14]. In der Folge ist mit einem negativen Effekt auf die Leistung zu rechnen. ( $b_{CL}$  in Abb. 3)

**H9) Aktuelle Motivation und Leistung** Eine höhere aktuelle Motivation geht mit einer höheren Leistung einher. ( $b_{AM}$  in Abb. 3)

Basierend auf diesen Hypothesen soll das Pfadmodell in Abb. 3 überprüft werden.



**Abb. 3:** Pfadmodell zur Untersuchung des Spannungsfeldes. Während helle Pfeile auf einen negativen Einfluss hindeuten, repräsentieren die dunklen Pfeile positive Einflüsse.

### 3. Methode

In diesem Kapitel soll zunächst das Studiendesign (3.1) erläutert und die Stichprobe näher beschrieben (3.2) werden, bevor kurz auf die verwendeten Messinstrumente (3.3) eingegangen wird.

#### 3.1. Studiendesign und Stichprobe

An der Studie nahmen 918 Schülerinnen (465) und Schüler (407) aus 37 Klassen der Jahrgangsstufen 7 bis 10 im Alter von 12 bis 18 Jahren an Gymnasien und Integrierten Gesamtschulen in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen teil. In jeder Schulklasse gab es zwei Termine je à 45 min. Beim ersten Termin wurden personenbezogene Einflussfaktoren erhoben<sup>3</sup>. Eine Woche später, beim zweiten Termin, wurden die Lernenden je Schulklasse mit Hilfe einer Blockrandomisierung so den vier Gruppen in Tab. 1

Textschwierigkeit niedrig	Gruppe 1 (215 SuS)	Gruppe 3 (207 SuS)
Textschwierigkeit hoch	Gruppe 2 (215 SuS)	Gruppe 4 (222 SuS)
	traditionell	authentisch

**Tab. 1:** 2x2 Design der Studie

zugeteilt, dass sie sich statistisch in keiner der Personenvariablen unterschieden. Infolge dieses Vorgehens werden Verzerrungen bei der Schätzung der

<sup>3</sup> Diese Personenvariablen wurden im Modell in Abb. 3 berücksichtigt, können jedoch wegen des Umfangs hier nicht explizit dargestellt werden. Für Näheres dazu sei auf [21, 44] verwiesen.

Effekte unwahrscheinlich und damit zuverlässiger. Die vier Gruppen erhielten Materialien, die sich in ihrer Textschwierigkeit und Authentizität unterscheiden (vgl. Tab. 1). Diese Unterschiede sind objektiv feststellbar (vgl. 3.3). Darüber hinaus konnte nachgewiesen werden, dass die Materialien in der intendierten Weise von den Schülerinnen und Schülern wahrgenommen wurden.

### 3.2. Untersuchungsmaterial

Die vier Materialversionen basieren auf einem Online-Artikel, der das Finale der olympischen Schwimm-Wettkämpfe in 2016 thematisiert. Dazu werden Aufgaben aus dem Kompetenzbereich Fachwissen gestellt, die an [18] angelehnt sind. Eine (traditionelle) Aufgabenstellung ist exemplarisch:

*Der Sieger des 400 Meter Schwimm-Wettkampfes hatte beim Erreichen des Ziels 3 mm Vorsprung vor dem Zweitplatzierten.*

- Berechne den Streckenvorsprung des Siegers vor den Zweitplatzierten beim 100 Meter Schwimm-Wettkampf in Meter.
- Vergleiche den Vorsprung des Siegers des 400 Meter Wettkampfes mit dem Vorsprung des Siegers des 100 Meter Wettkampfes.

Die vier Materialien unterscheiden sich in ihren Instruktionstexten (vgl. Tab. 1) sowie im Wortlaut ihrer Aufgabenstellungen. Im Gegensatz zu traditionellen Materialien sind authentische Materialien aktuell [19], beziehen sich auf eine Tatsache, sind nicht konstruiert [31] und relevant [19] sowie beschreiben sie ein besonderes Ereignis (vgl. [20]). Die traditionellen Materialien erfüllen hingegen keine dieser Eigenschaften. Während in den Aufgabenstellungen der authentischen Materialien die tatsächlichen Personen genannt werden, wird bei den traditionellen Versionen abstrakter vom Sieger oder Zweitplatzierten gesprochen. Materialien hoher Textschwierigkeit unterscheiden sich von jenen niedriger Textschwierigkeit in ihrem Lesbarkeitsindex (vgl. [36, 37]) (29 vs. 46) und in ihrer Anzahl der Wörter (61 bis 89 vs. 203 bis 222).

### 3.3. Messinstrumente

Die Leistung im Lösungsprozess wird mit Hilfe eines umfassend überprüften Manuals erfasst. Untersuchungen weisen das Manual als objektives und ökologisch valides Erhebungsinstrument aus [21].

Die kognitive Belastung im Lösungsprozess wird mit Hilfe dreier Items [3, 7, 17] reliabel ( $\alpha_c^4 = 0,89$ ) erfasst. Eine Untersuchung [6] deutet darauf hin, dass mit diesen Items die kognitive Gesamtbelastung gemessen wird.

Die aktuelle Motivation wird mit drei Items von erhoben [37], die als hinreichend reliabel gelten ( $\alpha_c = 0,80$ ).

Die sechs Items zur Erhebung der kognitiven Belastung sowie der aktuellen Motivation zeichnen sich durch faktorielle Validität aus [2].

## 4. Ergebnisse

Von den insgesamt 918 Teilnehmenden nahmen nicht alle an beiden Erhebungsterminen teil. Außerdem wurden ausschließlich Lernende berücksichtigt, die die sechs Items zur Erfassung der kognitiven Belastung sowie der aktuellen Motivation vollständig ausfüllten. Die genaue Stichprobengröße nach Aufgabe findet sich zusammen mit den über alle Aufgaben hinweg konsistent signifikanten Pfaden in Tab. 2.

	Aufgabe 1 <i>N</i> = 738	Aufgabe 2 <i>N</i> = 716	Aufgabe 3 <i>N</i> = 546
<i>d</i>	-0,45	-0,42	-0,41
<i>b<sub>CL</sub></i>	-0,40	-0,34	-0,23
<i>b<sub>AM</sub></i>	0,12	0,12	0,09

**Tab. 2:** Standardisierte Regressionsgewichte nach Aufgabe (vgl. Abb. 3), die über alle Aufgaben hinweg auf dem 5 % - Niveau signifikant sind. Exemplarisch bedeutet das, dass für die kognitive Belastung zweier Lernender, die sich in ihrer aktuellen Motivation um eine Standardabweichung unterscheiden, ein Unterschied von -0,45 Standardabweichungen vorhergesagt wird.

Die Schätzung der standardisierten Regressionskoeffizienten basiert auf der Maximum-Likelihood Methode, deren Voraussetzungen einer Überprüfung standhielten. Bei der Interpretation der Effektgrößen ist zu berücksichtigen, dass stets das Modell als Ganzes geschätzt wurde.

Es zeigt sich, dass die Kontextmerkmale Authentizität und Textschwierigkeit hier keinen Einfluss auf die kognitive Belastung, die aktuelle Motivation und die Leistung haben. Darüber hinaus gibt es einen recht großen negativen Zusammenhang der kognitiven Belastung und der aktuellen Motivation über alle Aufgaben hinweg. Von der kognitiven Belastung geht im Modell stets ein bedeutender negativer Effekt auf die Leistung im Lösungsprozess aus.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Wir haben in dieser Studie untersucht, inwiefern sich die Kontextmerkmale Authentizität und Textschwierigkeit auf die kognitive Belastung, aktuelle Motivation und Leistung im Lösungsprozess auswirken.

Die positiven Effekte der Authentizität, die auf Grund der Besonderheit und der Aktualität nach [20] zumindest für die aktuelle Motivation zu erwarten waren, blieben hier aus. Für die Lernenden macht es mit Blick auf die untersuchten Variablen tatsächlich

<sup>4</sup> $\alpha_c$  bezeichnet Cronbachs Alpha.

keinen Unterschied, welchen der vier Instruktionstexte und Aufgabenstellungen sie erhalten, obwohl sie die Texte in der erwarteten Richtung als unterschiedlich authentisch und auch als verschieden verständlich empfinden.

Im Rahmen der Ausprägungen der hier betrachteten Kontextmerkmale ist es daher offensichtlich für die Leistung nicht von Bedeutung, wie Aufgaben gestaltet werden. Damit bleibt die Frage, die sich angelehnt an das genannte Spannungsfeld ergibt, was genau ist an Kontexten motivierend und was genau ist dahingehend störend, dass es nur extrinsische kognitive Belastung erzeugt? Bei schwierigeren Texten zeigte sich ein Einfluss auf die kognitive Belastung und die Leistung [5]. Ein Ansatz könnte die noch stärkere Anpassung der Aufgabenmaterialien an die Interessen der Lernenden darstellen. Hier war sich allgemein an dem Interessensbereich Mensch und Natur orientiert worden, um einen großen Anteil der Schülerinnen und Schüler anzusprechen und dennoch noch praktikabel zu sein.

Ein weiterer Ansatz könnte darauf basieren, Texte näher hinsichtlich ihrer Verständlichkeit zu untersuchen [41]. Welche Merkmale sind lern- und lösungsförderlich oder –hinderlich bei physikalischen Texten? Erste Untersuchungen in dieser Richtung finden sich in [39] und [40] finden.

## 6. Literatur

- [1] Funke, J. (2003): Problemlösendes Denken. Kohlhammer Standards Psychologie: Stuttgart.
- [2] Jaeger, D.; Itsios, C.; Franz, T. & Müller, R. (2017): Cognitive Load und Aufgabenmerkmale - Verwendung von Zusatzfragen bei authentischen Problemen -. DPG Frühjahrstagung in Dresden. PhyDid. B, DD 13.1.
- [3] Kalyuga, S.; Chandler, P.; Sweller, J. (1999): Managing Split-attention and Redundancy in Multimedia Instruction. *Applied Cognitive Psychology*, (13), 351-371.
- [4] Kuhn, J., Müller, A., Müller, W. & Vogt, P. (2010): Kontextorientierter Physikunterricht. Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. *PdN-PhiS* 5/59.
- [5] Kuhn, J. (2010): Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- [6] Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C.P.M., Van Gog, T. & Van Merriënboer, J.J.G. (2013): Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behav. Res. Psychonomic Society, Inc.* 2013.
- [7] Paas, F. (1992): Training Strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive-Load Approach. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 84, No. 4, 429-434.
- [8] Robertson, S.I. (2001): Problem solving. Psychology Press.
- [9] Schnotz, W. & Kürschner, C. (2007): A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 19 (4), 469-508.
- [10] Sweller, J. (1994): Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4 (4), 295-312.
- [11] Sweller, J., Van Merriënboer, J., Paas, F. (1998): Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10 (4), 251-296.
- [12] Miller, G. A. (1956): The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63 (2), 81.
- [13] Nesbit, J.C., Hadwin, A.F. (2006): Handbook of Educational Psychology. Methodological Issues in Educational Psychology. Routledge.
- [14] Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga, S. (2011): Cognitive Load Theory. Springer New York Dordrecht Heidelberg London.
- [15] Newell, A.; Simon, H. A. (1972): Human problem solving. Englewood Cliffs NJ: Prentice-Hall.
- [16] Simon, D.P., & Simon, H.A. (1978): Individual differences in solving physics problems. In: R.S. Siegler (Ed.), *Children's thinking: What develops?* Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- [17] Ayres, P. (2006): Using subjective measures to detect variations of intrinsic load within problems. In: *Learning and Instruction*, 16, p. 389-400.
- [18] Wiesner, H.; Schecker, H. & Hopf, M. (2011): Physikdidaktik kompakt. Aulis Verlag.
- [19] van Vorst, Helena; Dorsch, Alexandra; Fechner, Sabine; Kauertz, Alexander; Krabbe, Heiko; Sumfleth, Elke (2014): Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. In: *ZfDN* 21 (1), S. 29–39. DOI: 10.1007/s40573-014-0021-5.
- [20] Dorsch, Alexandra (2013): Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben. Zugl.: Duisburg, Essen, Univ., Diss., 2013. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 150).
- [21] Jaeger, D.; Müller, R. (2018): *Einflussfaktoren beim Lösen von Physikaufgaben*. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. GDGP Jahrestagung in Kiel 2018* (Bd. 39, S. 293-296). Regensburg: Universität Regensburg.
- [22] Bennett, Judith; Lubben, Fred; Hogarth, Sylvia (2007): Bringing science to life. A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. In: *Sci. Ed.* 91 (3), S. 347–370. DOI: 10.1002/sce.20186.

- [23] Muckenfuß, Heinz (2006): Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts. Zugl.: Weingarten, Pädag. Hochsch., Diss. 1. Aufl., 2. Dr. Berlin: Cornelsen.
- [24] Merzyn, Gottfried (2008): Naturwissenschaften, Mathematik, Technik - immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel viel-fältiger Untersuchungen. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- [25] Häußler, Peter; Bündler, Wolfgang; Duit, Rein-  
ders; Gräber, Wolfgang; Mayer, Jürgen (1998):  
Naturwissenschaftsdidaktische Forschung -  
Perspektiven für die Unterrichtspraxis. Kiel:  
IPN.
- [26] Lehrke, Manfred (1988): Interesse und Desinter-  
esse am naturwissenschaftlich-technischen Un-  
terricht. Interpretation der vorliegenden Unter-  
suchungen und mögliche Konsequenzen. Zugl.:  
Kiel, Univ., Diss., 1987. Kiel: IPN (IPN, 118).
- [27] Sasol-Studie (2005): Zu den beliebtesten Schul-  
fächern. durchgeführt im November 2004 vom  
IJF Institut für Jugendforschung München. On-  
line verfügbar unter [https://www.analytik-  
news.de/Presse/2005/138.html](https://www.analytik-news.de/Presse/2005/138.html), zuletzt geprüft  
am 30.05.2019.
- [28] Strahl, Alexander; Preißler, Inske (2014):  
Fachdidaktik der Naturwissenschaften unter be-  
sonderer Berücksichtigung der Physik. 1. Aufl.  
Norderstedt: Books on Demand.
- [29] Krapp, Andreas (2002): Structural and dynamic  
aspects of interest development: theoretical  
considerations from an ontogenetic perspective.  
In: *Learning and Instruction* 12 (4), S. 383–  
409. DOI: 10.1016/S0959-4752(01)00011-1.
- [30] Müller, Rainer (2006): Kontextorientierung und  
Alltagsbezug. In: Helmut F. Mikelskis (Hg.):  
Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Se-  
kundarstufe I und II. Berlin: Cornelsen Scriptor,  
S. 102–119.
- [31] Henning, Teresa (2014): Empirische Untersu-  
chung kontextorientierter Lernumgebungen in  
der Hochschuldidaktik. Entwicklung und Eva-  
luation kontextorientierter Aufgaben in der  
Studieneingangsphase für Fach- und Neben-  
fachstudierende der Physik. Zugl.: Braun-  
schweig, Techn. Univ., Diss., 2014. Berlin: Lo-  
gos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemie-  
lernen, 172).
- [32] Drosdowski, Günther (Hg.) (1989): Duden -  
Deutsches Universalwörterbuch. 2., völlig neu  
bearb. und stark erw. Aufl. Mannheim, Wien,  
Zürich: Dudenverlag.
- [33] Schnotz, Wolfgang; Fries, Stefan; Hartz, Hol-  
ger (2009): Some Motivational Aspects of Cog-  
nitive Load Theory. In: Marold Wosnitza und  
Stuart A. Karabenick (Hg.): Contemporary mo-  
tivation research. From global to local perspec-  
tives. Toronto: Hogrefe, S. 69–96. Online  
verfügbar unter  
[https://www.researchgate.net/publication/27301  
6902\\_Some\\_Motivational\\_Aspects\\_of\\_Cogniti  
ve\\_Load\\_Theory/citations](https://www.researchgate.net/publication/273016902_Some_Motivational_Aspects_of_Cognitive_Load_Theory/citations), zuletzt geprüft am  
30.05.2019.
- [34] Kalyuga, Slava (2015): Instructional Guidance.  
A Cognitive Load Perspective. Charlotte, NC:  
Information Age Publishing. Online verfügbar  
unter  
[https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail  
.action?docID=3433364](https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail.action?docID=3433364)
- [35] Prenzel, Manfred; Häußler, Peter; Rost, Jürgen;  
Senkbeil, Martin (2002): Der PISA-  
Naturwissenschaftstest: Lassen sich die Aufga-  
benschwierigkeiten vorhersagen? In: *Unter-  
richtswissenschaft Zeitschrift für Lernforschung*  
30 (1), S. 120–135.
- [36] Lenhard, Wolfgang; Lenhard, Alexandra  
(2011): Berechnung des Lesbarkeitsindex LIX  
nach Björnson. Online verfügbar unter  
<https://www.psychometrica.de/lix.html>, zuletzt  
geprüft am 30.05.2019.
- [37] Björnsson, Carl-Hugo (1968): Läsbarhet  
(Pædagogisk orientering).
- [38] Maynard, Douglas C.; Hakel, Milton D. (1997):  
Effects of Objective and Subjective Task Com-  
plexity on Performance. In: *Human Performan-  
ce* 10 (4), S. 303–330. DOI:  
10.1207/s15327043hup1004\_1.
- [39] Rabe, Thorid; Mikelskis, Helmut F. (2007):  
Kohärenzbildungshilfen und Selbsterklärungen:  
Fördern sie das Physiklernen? Coherence  
markers and self-explanation: Do they support  
learning physics? In: *Zeitschrift für Didaktik  
der Naturwissenschaften (ZfDN)* 13.
- [40] Heine, Lena; Domenech, Madeleine; Otto, Lisa;  
Neumann, Astrid; Krelle, Michael; Leiss, Do-  
minik et al. (2018): Modellierung sprachlicher  
Anforderungen in Testaufgaben verschiedener  
Unterrichtsfächer: Theoretische und empirische  
Grundlagen. In: *Zeitschrift für Angewandte  
Linguistik* 2018 (69), S. 69–96. DOI:  
10.1515/zfal-2018-0017.
- [41] Friedrich, Marcus; Heise, Elke; Thies, Barbara  
(2017): Textverständlichkeit und ihre Messung.  
Dissertation. Technische Universität Braun-  
schweig; Waxmann Verlag.
- [42] Löffler, Patrick (2016): Modellierung in  
Problemlöseaufgaben - Wie wirkt Kontext?  
Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.
- [43] Löffler, Patrick; Kauertz, Alexander (2017):  
Why is context so hard to grasp? A procedural  
analysis of problem-solving. In: *Esera 2017  
Conference Dublin*.
- [44] Jaeger, Dennis (2019): Kognitive Belastung  
und aufgabenspezifische sowie personenspezi-  
fische Einflussfaktoren beim Lösen von Phy-  
sikaufgaben. Zugl.: Braunschweig, Techn.  
Univ., Diss., 2019. Berlin: Logos-Verl. (Stu-  
dien zum Physik- und Chemielernen, 276).